动 物 学 研 究 2004, Dct. 25 (5): 436 - 441 CN 53 - 1040/Q ISSN 0254 - 5853
Zoological Research

# 变色树蜥消化道5-羟色胺细胞的免疫组织化学定位

李淑兰*，赵文艳，冷 超，赵文阁
（哈尔滨师范大学 生命与环境科学学院 生物系，黑龙江 哈尔滨 150080）

**摘要**：用免疫组织化学ABC法，应用5-羟色胺（5-HT）特异性抗血清，对变色树蜥（*Calotes versicolor*）消化道内含有5-HT的内分泌细胞进行了免疫组织化学的定位研究和形态学观察。结果显示，5-HT细胞在变色树蜥消化道的各个部位均有分布，分布密度近似呈"M"形，其中以空肠分布密度最高，胃体次之，食管最低。5-HT细胞的形态多样，呈圆形、椭圆形、锥体形、长锥体形等，其中胃、幽门和直肠以圆形和椭圆形为主，小肠则以长锥体形为主，其细长突起指向肠腔或固有膜；细胞分布于上皮基部、上皮细胞之间、腺泡上皮细胞之间或固有膜内；多数细胞以内分泌功能为主，少数细胞具有外分泌功能。比较分析表明，5-HT细胞分布型可能与动物的食性有关。

**关键词**：变色树蜥；5-HT细胞；免疫组织化学
**中图分类号**：Q959.6 **文献标识码**：A **文章编号**：0254-5853(2004)05-0436-06

# Immunohistochemical Localization on 5-HT Cells in the Digestive Tract of *Calotes versicolor*

LI Shu-lan, ZHAO Wen-yan, LENG Chao, ZHAO Wen-ge
(*Department of Biology, College of Life and Environment Science, Harbin Normal University, Harbin* 150080, *China*)

**Abstract**: The presence investigation and morphology observation of 5-HT endocrine cells in the digestive tract of *Calotes versicolor* were done with the anti-5-HT serum by the method of the ABC immunohistochemical technique. The results indicate that 5-HT cells distribute throughout the digestive tract, and the density curve of 5-HT cells appears "M". The distributive density of 5-HT cells is the maximum in jejunum, the second in stomach and the minimum in esophagus. The shapes of 5-HT endocrine cells are diverse, such as round, ellipse, shuttle, tapering and so on. The cells are mainly round and ellipse in the stomach, pyloric part of stomach and rectum, while the cells are mainly tapering in the small intestine and the tapering cells always have one long processus extending to either the gut lumen or lamina propria. The 5-HT cells are found between gastrointestinal epithelial cells, at the basal region of epithelial cells, between glandular epithelial cells and in the lamina propria. The majority of 5-HT endocrine cells perform endocrine function and the minority has exocrine function. It indicated that the distribution of 5-HT cells may be related to the feeding habit of *Calotes versicolor* by analysing and contrasting.

**Key words**: *Calotes versicolor*; 5-HT cell; Immunohistochemistry

随着蛋白质化学的发展以及放射免疫测定和免疫组织化学技术的广泛应用，脊椎动物免疫组织化学的研究进展迅速。潘黔生等对鱼类（Pan & Fang, 1995）；郑一守、张盛周等对两栖类（Zheng et al, 1990; Zhang SZ et al, 2001）；吴孝兵、张志强、李淑兰等对爬行类（Wu et al, 1999; Zhang ZQ et al, 2001a, b; Li, 2004; Li et al, 2004）；邓泽沛等对鸟类（Deng et al, 1994）；黄威权、方之平、杨贵波、孙岚等对哺乳类（Huang et al, 1987; Fang et al, 1994; Yang et al, 1995; Sun et al, 1997）进行了消化道内分泌学方面的研究。其中以哺乳动物消化道内分泌细胞的研究最多，爬行

收稿日期：2004-07-02；接受日期：2004-07-12
基金项目：哈尔滨师范大学自然科学基金
* 通讯作者，E-mail: shulanli2002@yahoo.com.cn

动物亦有报道，但分歧较大。爬行动物在整个脊椎动物中居于承上启下的重要位置，对其消化道内分泌细胞进行研究，无疑具有重要的比较内分泌学意义。变色树蜥（*Calotes versicolor*）属爬行纲（Reptile）蜥蜴目（Lacertiformes），我们对其消化道中 5-HT 免疫活性细胞的形态和分布密度进行了观察研究，为其消化生理的研究提供形态学基础，并进一步丰富消化道比较内分泌学资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 材　料

变色树蜥 6 条，采自海南省。乙醚麻醉后，立即按下列消化道各段取材：食管、胃贲门部、胃体、胃幽门部、十二指肠、空肠、回肠和直肠。先用生理盐水快速冲洗，然后用改良的 Bouin's 液固定 24 h，常规脱水透明，石蜡包埋，切片 6 μm，贴于涂有铬矾明胶的载玻片上，37 ℃温箱烘片备用。

### 1.2 试　剂

5-HT 抗血清（兔抗人）和 VECTASTAIN ABC 免疫组织化学试剂盒购于北京中山生物技术有限公司，美国 ZYMED 公司生产。5-HT 抗血清，稀释倍数 1∶100，产品代号为 ZA—0231。

### 1.3 免疫组织化学方法

本实验采用 ABC（avidin-biotin-peroxidase complex）免疫组织化学法。常规石蜡切片脱蜡至水。滴加正常山羊血清（3∶200），室温（15～25 ℃）孵育 20 min，封闭非特异性反应部位。倾去血清，滴加一抗（5-HT 抗血清，稀释倍数 1∶100），室温过夜。PBS 浸洗 3 次 × 5 min，滴加二抗（羊抗兔 IgG 抗血清，稀释倍数 1∶200），孵育 45 min，PBS 浸洗 3 次 × 5 min。滴加卵白素－生物素－过氧化物酶（ABC）试剂（稀释倍数 1∶1∶100），孵育 40 min。PBS 浸洗 3 次 × 5 min，滴加 DAB-$H_2O_2$ 显色后，冷 PBS 冲洗，冷蒸馏水、自来水冲洗。苏木精复染，常规石蜡脱水透明，封片。

对照切片以 ABC 试剂药盒中正常山羊血清取代兔抗 5-HT 血清（第一抗体）进行孵育，其余步骤同上。

### 1.4 细胞计数

在 Olympus BH-2 型显微镜下观察、拍照，并对每个部位的切片随机取 20 个（物镜 40 ×，目镜 10 ×）视野计数，对所得数据用 Duncan 多重比较的方法进行统计学分析。

## 2 结　果

用 ABC 免疫组织化学法，显示的 5-HT 免疫活性内分泌细胞呈黑褐色，背景为淡蓝色，反差强，很易辨认。对照实验呈阴性反应（图 8）。

### 2.1 5-HT 免疫活性细胞的组织学分布

5-HT 细胞见于变色树蜥的消化道全长，分布于上皮基部、上皮细胞之间、腺泡上皮细胞之间和固有膜内；其形态多样，有的呈圆形和椭圆形，有的呈锥体形和梭形。具体分布位置和形态如表 1 和图 1—7、9—12 所示。

### 2.2 消化道各段 5-HT 免疫活性细胞的分布密度

变色树蜥消化道 5-HT 细胞分布密度呈“M”形，在胃体和空肠各有一个明显的高峰，其中空肠部又显著高于胃体。5-HT 细胞分布密度由食管到胃贲门和胃体部逐渐上升，之后开始下降，到胃幽门部达到最低，随后经十二指肠部开始上升，到空肠部达到最高，最后经回肠开始下降，到直肠降到

**表 1　变色树蜥消化道 5-HT 细胞的分布位置和形态**

**Table 1　Location and shape of 5-HT cells in the digestive tract of *Calotes versicolor***

| 部位 Region | 分布位置 Location | 形态（图序）Shape (Fig. order) |
|---|---|---|
| 食管 Esophagus | 上皮基部 | 呈椭圆形（图 1）或长锥体型，突起指向固有膜（图 2） |
| 胃贲门部 Cardiac part of stomach | 腺泡上皮之间或胃贲门上皮之间 | 呈椭圆形（图 3－4） |
| 胃体 Body of stomach | 腺泡上皮之间 | 呈锥体形（图 5） |
| 胃幽门部 Pylorica part of stomach | 腺泡上皮之间 | 呈椭圆形（图 6） |
| 十二指肠 Duodenum | 肠上皮之间 | 呈长锥体形或梭形，突起指向肠腔或固有膜（图 7） |
| 空肠 Jejunum | 肠上皮之间 | 呈梭形或锥体形，突起指向肠腔或固有膜（图 9） |
| 回肠 Ileum | 肠上皮之间或固有膜 | 呈锥体形或椭圆形（图 10－11） |
| 直肠 Rectum | 肠上皮基部 | 呈圆形（图 12） |

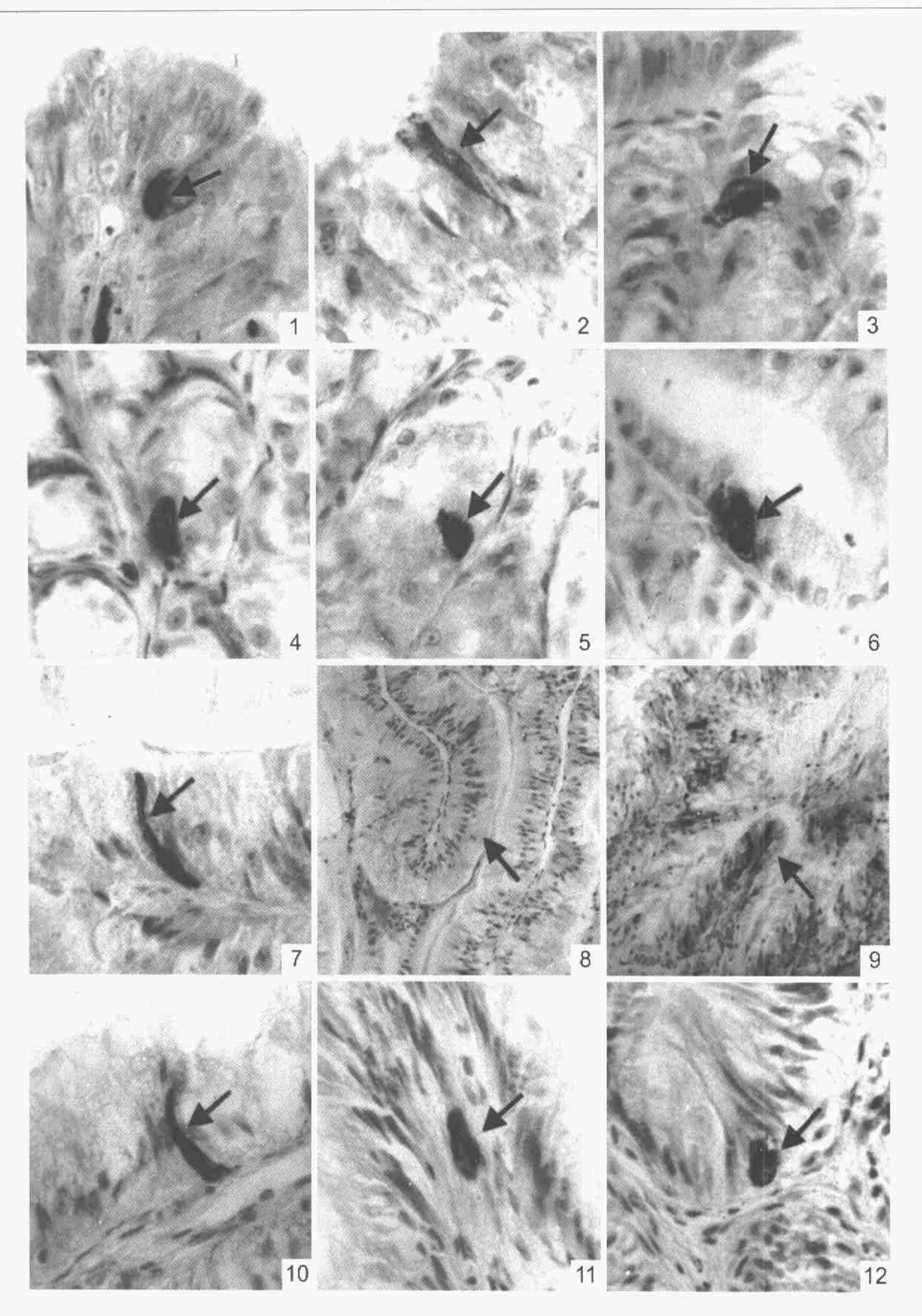



图 1—12 变色树蜥消化道 5-HT 细胞分布位置和形态

Figs. 1 – 12 Distributive location and shape of 5-HT cells in the digestive tract of *Calotes versicolor*

1. 食管上皮基部的椭圆形 5-HT 细胞（箭头）（A ellipse 5-HT cell in bottom of epithelia of esophagus, indicated by arrow） ×400;
2. 食管上皮细胞之间长锥体形其突起伸向固有膜的 5-HT 细胞（箭头）（A tapering 5-HT cell between epithelial cells of esophagus, its processus extending to the lamina propria, indicated by arrow） ×400;
3. 胃贲门部上皮细胞之间椭圆形的 5-HT 细胞（箭头）（A ellipse 5-HT cell between epithelial cells of cardiac part of stomach, indicated by arrow） ×400;

4. 胃贲门部腺泡上皮细胞之间椭圆形的 5-HT 细胞（箭头）（A ellipse 5-HT cell between epithelial cells of gastric gland at cardiac part of stomach，indicated by arrow）×400；
5. 胃体腺泡上皮之间锥体形的 5-HT 细胞（箭头）（A shuttled-shape 5-HT cell between epithelial cells of gastric gland at body of stomach，indicated by arrow）×400；
6. 胃幽门部腺泡上皮细胞之间椭圆形的 5-HT 细胞（箭头）（A ellipse 5-HT cell between epithelial cells of gastric gland at pylorica of stomach，indicated by arrow）×400；
7. 十二指肠上皮细胞之间长锥体形突起指向肠腔的 5-HT 细胞（箭头）（A tapering 5-HT cell between epithelial cells of duodenum，its processus extending to the gut lumen，indicated by arrow）×400；
8. 十二指肠部阴性对照图（箭头）（Negative control，duodenum，indicated by arrow）×100；
9. 空肠上皮细胞之间呈梭形的 5-HT 细胞（箭头）（The shuttled-shape 5-HT cells between epithelial cells of jejunum，indicated by arrow）×100；
10. 回肠上皮细胞之间锥体形其突起伸向肠腔的 5-HT 细胞（箭头）（A shuttled-shape 5-HT cell between epithelial cells of ileum，its processus extending to the gut lumen，indicated by arrow）×400；
11. 回肠固有膜内椭圆形的 5-HT 细胞（箭头）（A ellipse 5-HT cell in the lamina propria of ileum，indicated by arrow）×400；
12. 直肠上皮基部圆形的 5-HT 细胞（箭头）（A round 5-HT cell in the bottom of epithelia of rectum，indicated by arrow）×400。

**表 2　变色树蜥消化道 8 个部位 5-HT 细胞计数 Duncan 多重比较结果**

**Table 2　Results of Duncan multiple comparison on numbers of 5-HT cells in eight parts of *Calotes versicolor* digestive tract**

| 部位 Region | 分布密度平均数（个/视野）Average of distributive density (number/field of vision) | 显著水平 Conspicuous level* | |
|---|---|---|---|
| | | 0.05 | 0.01 |
| 空肠 Jejunum | 5.36 | a | A |
| 胃 Body of stomach | 4.46 | b | B |
| 贲门 Cardiac part | 4.33 | b | B |
| 回肠 Ileum | 4.06 | b | BC |
| 十二指肠 Duodenum | 3.30 | c | CD |
| 直肠 Rectum | 2.90 | cd | D |
| 幽门 Pylorica part | 2.56 | d | D |
| 食管 Esophagus | 2.46 | d | D |

* 凡含有相同字母的处理，差异不显著；凡含有不同字母的处理，差异显著（The same letters indicate no differences among treatments，and the different ones mean significant differences among them）。

最低。对变色树蜥消化道各部位 5-HT 细胞计数及其统计分析结果见表 2。

## 3 讨　论

5-HT 免疫活性细胞广泛存在于各种脊椎动物消化道中（Tang & Zheng，1991），但分布型差异较大。本文中的变色树蜥消化道各段均有 5-HT 细胞分布，但其分布型与以往研究结果不同。El-Salhy et al（1985）和 Tang & Zheng（1991）认为，鸟、兽食管中缺乏 5-HT 细胞，而两栖类和爬行类却有分布。Zhang ZQ et al（2001b）对眼镜蛇（*Naja naja*）和乌梢蛇（*Zaocys dhumnades*）、Li et al（2004）对枕纹锦蛇（*Elaphe dione*）的研究也发现，在这些爬行动物的食道中均有 5-HT 细胞分布。本工作在变色树蜥的食管上皮部位也发现了 5-HT 细胞，支持上述报道。

已有研究表明，多数动物 5-HT 细胞集中于胃幽门部（Tang & Zheng，1991），如中华大蟾蜍（*Bufo bufo garaaarizans*）、无斑肥螈（*Pachytriton labiatum*）（Zhang SZ et al，2001）、黄喉水龟（*Mauremys mutica*）和小白鼠；或集中在十二指肠，如扬子鳄（*Alligator sinensis*）（Wu et al，1999）、眼镜蛇（Zhang ZQ et al，2001b）、竹叶青蛇（*Trimeresurus stejnegeri*）（Zhang ZQ et al，2001a）、蜗牛（*Pian niu*）（Fang et al，1994）、虎皮鹦鹉（*Melopsittccus undulates*）（Tang & Zheng，1991）；也有少数例外，如大熊猫（*Ailuropoda melanoleuca*）（Yang et al，1995）在空肠最多，北京鸭（Deng et al，1994）多分布于盲肠和直肠。本文中的变色树蜥 5-HT 细胞密度最高处为空肠部，这与大熊猫的研究结果相同。变色树蜥消化道 5-HT 细胞密度分布曲线近似“M”形，该分布型与哺乳纲的家兔（Li & Chen，2003）大致相同，只是家兔的 5-HT 细

胞密度高峰出现在盲肠和十二指肠，而变色树蜥出现在空肠和胃体。变色树蜥与黑龙江草蜥（*Takydromus amurensis*）、枕纹锦蛇、黄喉水龟、扬子鳄虽然同属于爬行纲，但消化道 5-HT 细胞的分布型却不相同。黑龙江草蜥 5-HT 细胞分布密度呈波浪式，食管、胃幽门部和回肠是其细胞分布密度的高峰（Li，2004）；枕纹锦蛇 5-HT 细胞以十二指肠分布密度为最高，胃贲门部最低，胃肠部分布密度呈倒“V”形（Li et al，2004）；黄喉水龟的大肠 5-HT 细胞密度最大（Tang & Zheng，1991）；扬子鳄的十二指肠密度最高，直肠部的密度比空肠和回肠都高（Wu et al，1999）。据上述分析我们认为，5-HT 细胞的分布型与动物进化的关系不大。

杨贵波等在大熊猫的研究中对 5-HT 细胞分布型形成的原因进行了探讨，他们认为，大熊猫消化道 5-HT 细胞的特殊类型可能是该种在长期的进化过程中对特殊食性适应的结果（Yang et al，1995）。黄喉水龟是杂食性动物，以蚯蚓、蜈蚣、各种昆虫及其幼虫、田螺、谷物等为食；扬子鳄以各种兽类、鸟类、爬行类、两栖类和甲壳类为食；变色树蜥以蜘蛛、各种昆虫及其幼虫为食。三者的食物组成不同，提示它们消化道 5-HT 细胞的分布型不同与食性有关。另外，变色树蜥是陆栖性种类，而黄喉水龟和扬子鳄是水栖或半水栖性的，它们的生活环境也不同（Chen，1991）。所以，变色树蜥 5-HT 细胞的分布型的形成与动物进化的关系不大，而可能与其食性或食物组成、生活环境有关。然而，枕纹锦蛇和变色树蜥均是陆栖爬行类，但两者消化道中 5-HT 细胞分布型却不同，前者呈倒“V”形（Li et al，2004），后者呈“M”形；因此我们认为，5-HT 细胞分布型可能与动物的食性或食物组成的关系更加密切。Yang & Wang（1997）的实验也证明，改变大鼠的食物组成可使 5-HT 细胞的分布型发生变化。

哺乳动物胃肠壁分泌的 5-HT 可直接释放入血或肠腔（Zheng et al，1990），电镜亦观察到 5-HT 分泌物是通过弥散方式进入固有膜层的（Josephson & Altmann，1973）。Huang et al（1987）还报道，大鼠胃肠道内的 5-HT 免疫活性细胞可通过细胞突起深入到固有层或肠腔面，行使内或外分泌功能。本文观察到呈锥体形的 5-HT 免疫活性内分泌细胞的突起伸向固有层，也有少量的 5-HT 细胞呈椭圆形位于上皮基部，这些细胞可能执行内分泌功能。此外，本文还观察到锥体形的 5-HT 细胞分布于肠上皮及腺泡上皮之间，其突起指向肠腔或腺泡腔，这些结果提示，5-HT 有可能从这些内分泌细胞的顶端释放到肠腔或腺腔内，即内分泌细胞以外分泌方式释放 5-HT。

现已公认，消化道粘膜是脊椎动物体内最大、最复杂的内分泌器官。Arena et al（1991）及 Zhang ZQ et al（2001a，b）的资料表明，与其他胃肠道激素相比，5-HT 是爬行动物消化道中分布最广和含量最多的一种激素。5-HT 细胞在变色树蜥消化道中大量存在，提示 5-HT 在其消化生理过程中起着重要作用；所以，无论是 5-HT 细胞分布型的形成原因，还是 5-HT 细胞的作用机理，都值得进一步的研究。

**参考文献：**


Arena PC, Richardson KC, Yamada J. 1991. An immunohistochemical study of endocrine cells in the alimentary tract of the king's skink (*Egernia kingii*) [J]. *J. Anat.*, **170**: 73-85.

Chen BH. 1991. The Amphibian and Reptilian Fauna of Anhui [M]. Hefei: Anhui Science and Technology Press. 237-263. [陈壁辉. 1991. 安徽两栖爬行动物志. 合肥: 安徽科学技术出版社. 237-263.]

Deng ZP, Zhou ZX, Yamada J. 1994. Immunohistochemical studies on the endocrine cells in the digestive of Beijing duck [J]. *Acta Zool. Sin.*, **40** (4): 383-391. [邓泽沛, 周占祥, 山田纯三. 1994. 北京鸭消化道内分泌细胞的免疫组织化学研究. 动物学报, **40** (4): 383-391.]

El-Salhy M, Wilander E, Lundquist M. 1985. Comparative studies of serotonin-like immunoreactive cell in the digestive tract of vertebrates [J]. *Biomedical Research*, **6** (6): 371-375.

Fang ZP, Sun BT, Xie YF, Zheng PZ, Pan QS, Xing SQ. 1994. Immunohistochemical studies on 5-HT immunoreactive cells in gastro-entero-pancreatic system of the Xinjiang *Pian niu* [J]. *Acta Anatomica Sinica*, **25** (1): 78-82. [方之平, 孙宝田, 谢云芳, 郑丕芝, 潘黔生, 邢淑琴. 1994. 新疆犏牛胃肠胰系统 5-羟色胺免疫活性细胞的免疫组织化学研究. 解剖学报, **25** (1): 78-82.]

Huang WQ, Huang ZM, Wang WC. 1987. An observation of the distribution and morphology of 5-HT immunoreactive endocrine cells in the gastrointestinal tract of rats [J]. *Acta Anatomica Sinca*, **18** (4): 422-426. [黄威权, 黄宗明, 王文超. 1987. 大鼠胃肠 5-羟色胺免疫活性内分泌细胞的分布及形态学观察. 解剖学报, **18** (4): 422-426.]

Josephson RL, Altmann GG. 1973. Distribution of diazo-positive (argentafflin) cells in small intestine of rats of various ages [J]. *Am. J. Anat.*, **136**: 15-22.

Li SL. 2004. Distribution and morphological observation of 5-HT im-

munoreactive endocrine cells in digestive tract of *Takydromus amurensis* [J]. *Chinese Journal of Zoology*, **39** (2): 36-40. [李淑兰. 2004. 黑龙江草蜥消化道5-羟色胺免疫活性内分泌细胞的分布形态与观察. 动物学杂志, **39** (2): 36-40.]

Li SL, Chen HY. 2003. Immunohistochemistry study of 5-HT positive immunoreactive endocrine cells in digestive tract of *Oryctolagus cuniculus* rabbits [J]. *Chin. J. Comp. Med.*, **13** (6): 346-349. [李淑兰，陈洪岩. 2003. 家兔消化道5-HT免疫活性细胞的免疫组织化学研究. 中国比较医学杂志, **13** (6): 346-349.]

Li SL, Chen X, Zhao WG. 2004. Distribution and morphological observation of 5-HT positive immunoreactive endocrine cells in digestive tract of *Elaphe dione* [J]. *Zool. Res.*, **25** (1): 63-67. [李淑兰，陈 霞，赵文阁. 2004. 枕纹锦蛇消化道5-羟色胺免疫活性内分泌细胞的分布形态与观察. 动物学研究, **25** (1): 63-67.]

Pan QS, Fang ZP. 1995. Present progress in the study of the APUD cells in gastro-entero-pancreatic endocrine system of the fishes [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, **19** (3): 275-282. [潘黔生，方之平. 1995. 鱼类胃肠胰内分泌系统APUD细胞研究的现状. 水生生物学报, **19** (3): 275-282.]

Sun L, Huang WQ, Di XY. 1997. Immunohistochemical double labeled studies of 5-HT and its receptor in stomach and small intestine of guinea pig [J]. *Chinese Journal of Anatomy*, **20** (6): 545-549. [孙 岚，黄威权，谛新宇. 1997. 豚鼠胃和小肠5-羟色胺及其受体免疫组织化学双标记研究. 解剖学杂志, **20** (6): 545-549.]

Tang XW, Zheng YS. 1991. Distribution 5-hydroxytryptamine immunostaining cells in digestive tracts of different kind vertebrates [J]. *Zool. Res.*, **12** (3): 293-297. [唐晓雯，郑一守. 1991. 不同脊椎动物消化道内5-羟色胺免疫染色细胞的分布. 动物学研究, **12** (3): 293-297.]

Wu XB, Zhang SZ, Chen BH, Deng ZP, Zhou ZX, Wang CL, Nie JS, Xie WS. 1999. Immunohistochemical studies on endocrine cells in the digestive tract of *Alligator sinensis* [J]. *Acta Zool. Sin.*, **45** (2): 155-161. [吴孝兵，张盛周，陈壁辉，邓泽沛，周占祥，王朝林，聂继山，谢万树. 1999. 扬子鳄消化道内分泌细胞的免疫组织化学研究. 动物学报, **45** (2): 155-161.]

Yang GB, Wang P. 1997. Effects of food composition on enterochromaffin cells in the gut mucaso of rat [J]. *Acta Zool. Sin.*, **43** (1): 55-60. [杨贵波，王 平. 1997. 改变食物组成对大鼠胃肠道嗜铬细胞的影响. 动物学报, **43** (1): 55-60.]

Yang GB, Chen MS, Zheng ZP, Wang P. 1995. The distrbution of endocrine cells in the gut mucosa of the giant panda [J]. *Acta Theriol. Sin.*, **15** (1): 4-10. [杨贵波，陈茂生，邓泽沛，王 平. 1995. 大熊猫胃肠道内分泌细胞分布型的研究. 兽类学报, **15** (1): 4-10.]

Zhang SZ, Chen DS, Zhang ZQ, Wu XB, Chen BH, Wu JQ. 2001. Distribution and morphology observation of 5-hydroxytryptamine immunoreactive cells in the digestive tract of *Pachytriton labiatum* [J]. *Chinese Journal of Zoology*, **36** (1): 13-16. [张盛周，陈冬生，张志强，吴孝兵，阵壁辉，吴经球. 2001. 无斑肥螈消化道五羟色胺免疫活性细胞的分布与形态学观察. 动物学杂志, **36** (1): 13-16.]

Zhang ZQ, Zhang SZ, WU XB. 2001a. Immunohistochemical localization of the endocrine cells in the digestive tract of *Trimeresurus stejnegeri* [J]. *Acta Zool. Sin.*, **47** (6): 666-671. [张志强，张盛周，吴孝兵. 2001a. 竹叶青蛇消化道内分泌细胞的免疫组织化学定位. 动物学报, **47** (6): 666-671.]

Zhang ZQ, Zhang SZ, Wu XB. 2001b. Immunohistochemical localization and comparison on 5-HT cells in the digestive tract of snakes [J]. *Chinese Journal of Zoology*, **36** (3): 11-14. [张志强，张盛周，吴孝兵. 2001b. 两种蛇消化道5-羟色胺细胞的免疫组织化学定位及比较. 动物学杂志, **36** (3): 11-14.]

Zheng YS, Tang XW, Zhu HW. 1990. Distribution of 5-hydroxytryptamine immunostaining cells in various tissues of *Bufo bufo gargarizans* [J]. *Acta Biologiae Experimentalis Sinica*, **23** (3): 285-290. [郑一守，唐晓雯，朱洪文. 1990. 中华大蟾蜍多种组织内5-羟色胺免疫染色细胞的分布. 实验生物学报, **23** (3): 285-290.]